



Foundation Engineering
Fifth Lecture (5)
“Strip Footing
الأساس الشريطي”

Dr. Maiasa Mlhem

مقدمة

- الأساسات هي العناصر التي تنقل الحمولات من المباني إلى التربة أو القاعدة الصخرية. لها أشكال متعددة بمتطلبات خاصة تلبي احتياجات التصميم.
- للأساسات المنفردة، تغلب الأشكال المربعة وتكون أكثر اقتصادية، في حين أن الأساس المستطيل يستخدم فيما إذا كان الفراغ محدود في أحد الاتجاهات أو عندما تكون الحمولات لا مركزية في إحدى الاتجاهات.
- إن الشكل الذي نتطلع لتنفيذه هو الذي **يضمن توزيع ضغط التربة بشكل متجانس قدر الامكان**. كما أنه يمكن أن يكون الأساس ذو سماكة واحدة أو متدرج أو متغير السماكة.

• - تراكب الحمولات:

- وفق الكود الأميركي 318-14 ACI لمتطلبات الأساسات من البيتون المسلح تم تحديد أن الحمولات يجب أن تحول لحمولات حدية وفق المنهجية التالية:

$$\left\{ \begin{array}{l} P_{ult} = 1.4DL \\ P_{ult} = 1.2DL + 1.6LL \\ P_{ult} = 1.2DL + 1.6WL + 1LL \\ P_{ult} = 0.9DL + 1.6WL \\ P_{ult} = 1.2DL + 1EL + 1LL \\ P_{ult} = 0.9DL + 1EL \end{array} \right\} \dots\dots\dots (ACI318-14 \text{ Section } 9.2)$$

- حيث أن:

- DL الحمولة الميتة LL الحمولة الحية، WL حمولة الرياح، EL حمولة الزلازل. نعتبر حالة التحميل الموافقة لأحد الحالات أعلاه هي الحمولة التصميمية.
- كقاعدة عامة ندخل الحمولات الفعلية $\sum P$ وضغط التربة الفعلي الصافي ($q_{all \text{ net}}$) في حساب مساحة الأساس، أما الحمولات المصعدة نستخدمها لحساب مساحة التسليح A_s وسماكة الأساس t .

- طرق التصميم:

هناك منهجيتان مختلفتان في تصميم الأساسات.

الأولى هي طريقة الاجهاد المسموح:

حيث يتم تصميم الأساس باعتبار أن الاجهادات المسموحة المتواجدة في التربة لحمولات غير مصعدة. للأساس المنفرد المحمل مركزيا

$$\sum P_s \leq q_a * A \quad (1)$$

حيث:

P_s الحمولة غير المصعدة المطبقة على الأساس.

Q_a اجهاد التربة المسموح ويعطى بالمعادلة

A مساحة الأساس المتماس مع التربة.

الثانية: الطريقة الحدية

تعتمد على الحمولات المصعدة والمقاومة المصعدة التي تعطى بالعلاقة:

$$\phi * R_n \geq \sum \alpha * P_s \quad (2)$$

حيث:

Φ معامل المقاومة يأخذ بعين الاعتبار التغيرات الناشئة عن ميكانيكية مقاومة التربة تحت الأساس. معامل المقاومة للطريقة الحدية لازال قيد التطوير ولكن القيم الحالية لهذا العامل للأساسات السطحية تؤخذ من الجدول التالي.

R_n مقاومة التربة تحت الأساس.

α معامل الحمولة

P_s الحمولة المحددة على التربة عند نعل الأساس.

إن معامل الحمولة α تعطى في ACI في الجزء 9.2, 9.3

Table 21.2.1—Strength reduction factors ϕ

Action or structural element	ϕ	Exceptions
(a) Moment, axial force, or combined moment and axial force	0.65 to 0.90 in accordance with 21.2.2	Near ends of pretensioned members where strands are not fully developed, ϕ shall be in accordance with 21.2.3.
(b) Shear	0.75	Additional requirements are given in 21.2.4 for structures designed to resist earthquake effects.
(c) Torsion	0.75	—
(d) Bearing	0.65	—
(e) Post-tensioned anchorage zones	0.85	—
(f) Brackets and corbels	0.75	—
(g) Struts, ties, nodal zones, and bearing areas designed in accordance with strut-and-tie method in Chapter 23	0.75	—
(h) Components of connections of precast members controlled by yielding of steel elements in tension	0.90	—
(i) Plain concrete elements	0.60	—
(j) Anchors in concrete elements	0.45 to 0.75 in accordance with Chapter 17	—

هناك ثلاث حالات حدية للتربة التي يستقر عليها الأساس :

- انهيار التحمل للتربة تحت الأساس.
- الهبوط الناشئ عن الهبوط التفاضلي الزائد بين الأساسات المتجاورة مما يسبب انهيار للمبنى ككل.
- الهبوط الكلي الزائد.

يحدث الهبوط وفق حالتين:

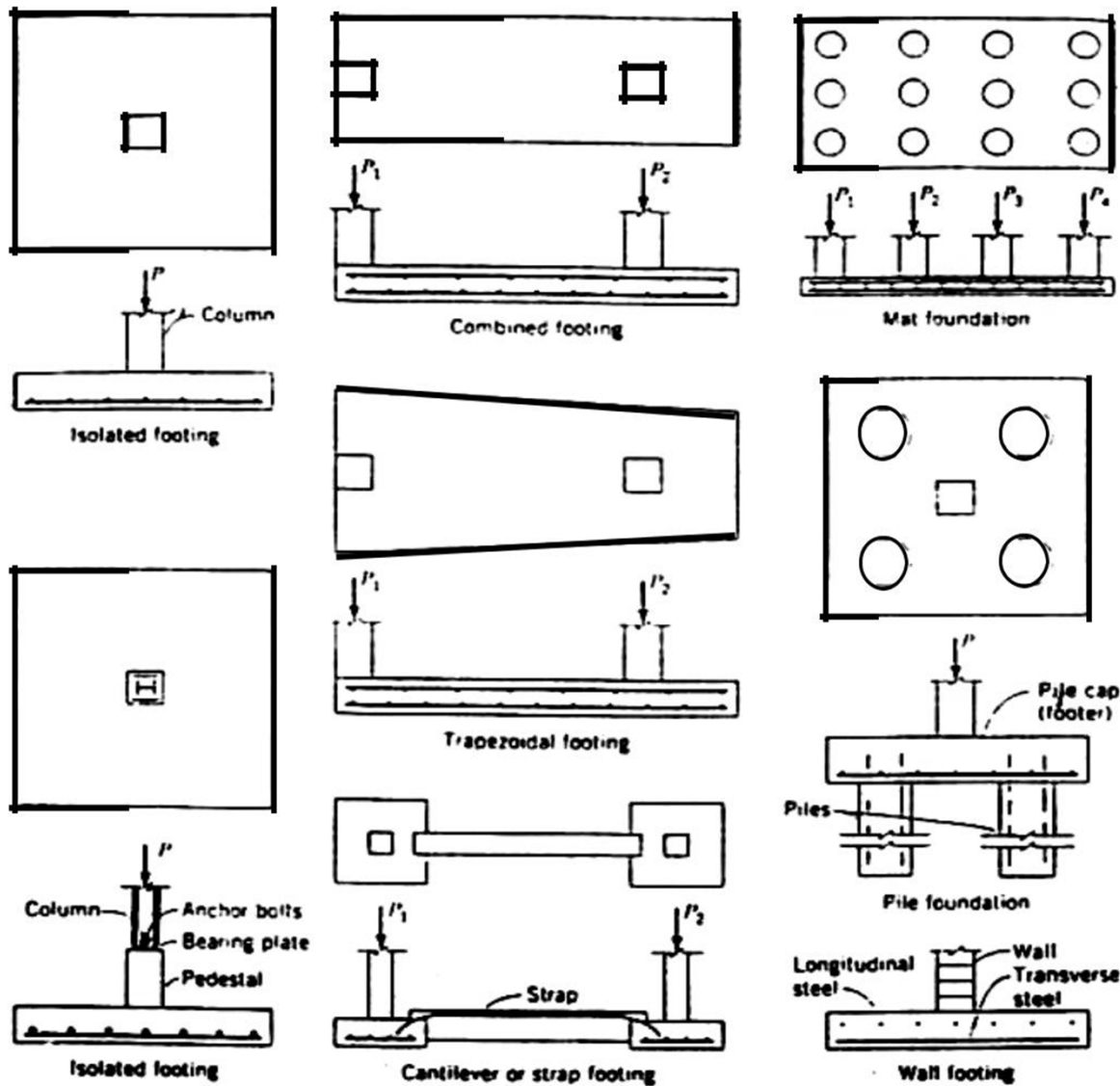
هبوط آني فور تطبيق الحمولة، والهبوط طويل الأمد.

يتم التحكم بانهيار قدرة التحمل بتخفيف الاجهاد تحت الأساس (الناشئ عن الحمولة) ليكون اقل من الاجهاد المسموح q_a حسب المعادلة

• هناك أربعة حالات حدية انشائية للأساسات:

- انهيار الانعطاف لجزء من الأساس البارز عن العمود أو الجدار
- انهيار القص للأساس
- انهيار قدرة التحمل عند التلاقي بين العمود أو الجدار مع الأساس
- عدم كفاية لتشبيك تسليح الانعطاف ضمن الأساس.

- أنواع الأساسات السطحية



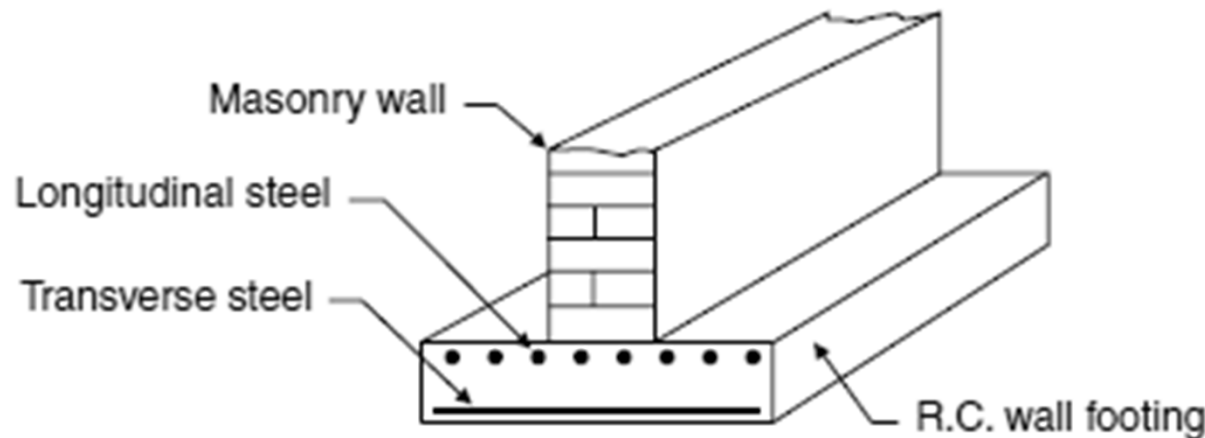
الأساسات المستمرة أو الشريطية:

تصمم للجدران الحاملة كما يبين الشكل المجاور.

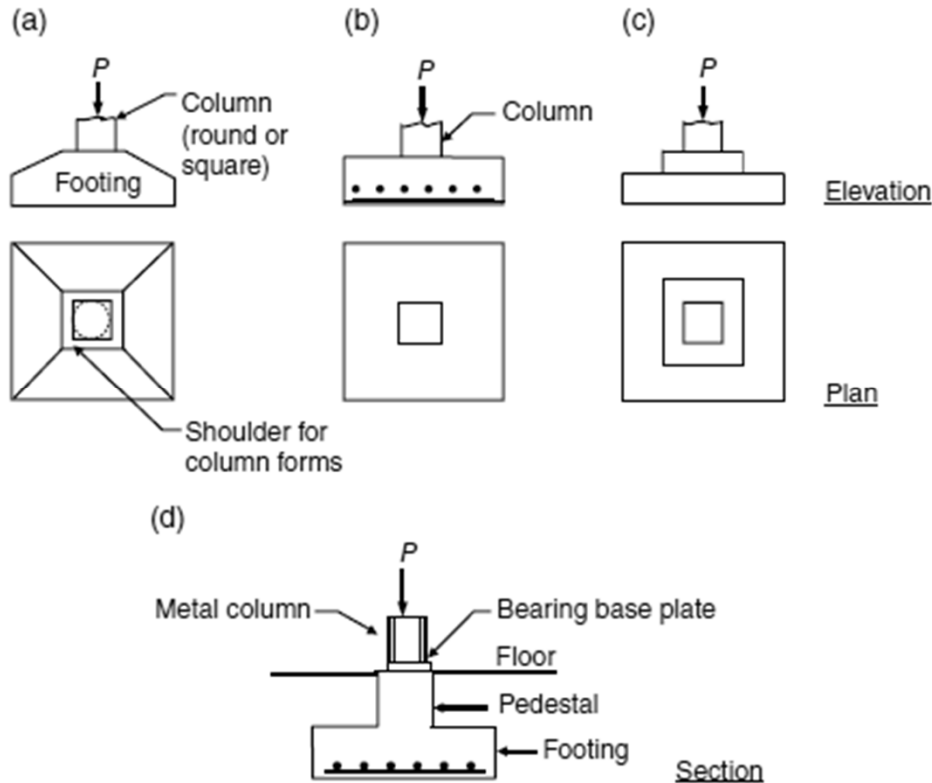
التسليح العرضي في أسفل الأساس لمقاومة الانعطاف، أما التسليح الطولي فيصمم ليقاوم التقصص.

كما يستخدم الأساس المستمر لعدة أعمدة متقاربة مما يؤدي إلى تداخل أساساتها المنفردة في حال تنفيذها. ولذلك يكون من الاقتصادي تنفيذ أساس مستمر بدلا من تنفيذ عدة أساسات منفردة.

غالبا إذا كانت المسافة بين الأساسات أقل من أبعادها نلجأ لاستخدام الأساس المستمر.



الأساسات المنفردة:



تستخدم لعمود واحد، وقد يكون دائري مربع أو مستطيل بسماكة واحدة أو متدرج السماكة كما يبين الشكل.

يمكن أن يؤسس على أعماق مختلفة ويتم التحكم بأبعاده حسب ضغط التربة.

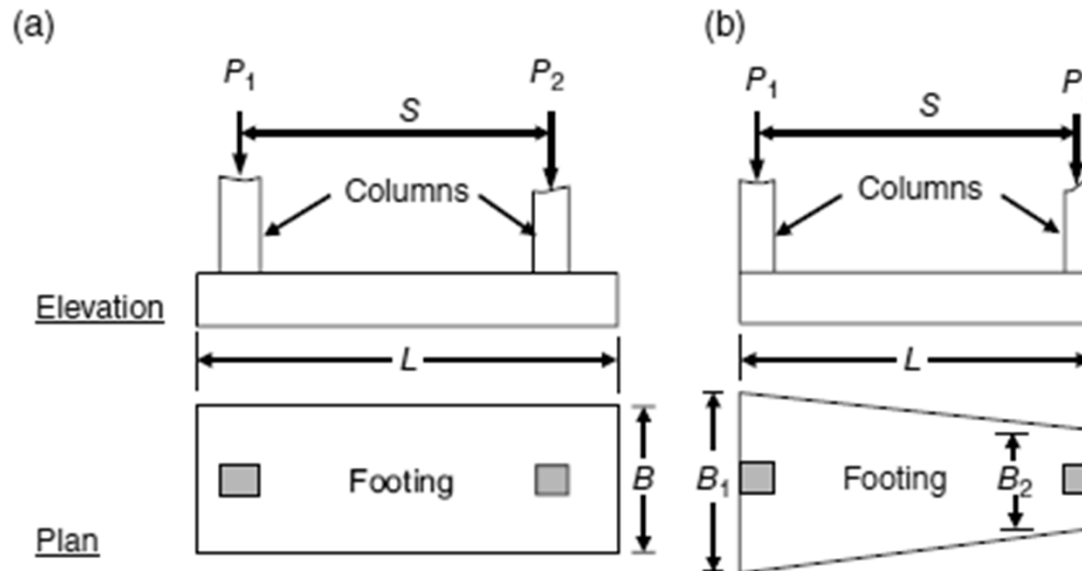
وعندما يكون عمق التأسيس أكبر من 1.5m فهذا النوع من الأساسات هو أكثر اقتصادية من الأساس المستمر.

• الأساسات المشتركة:

يؤسس لعمودين أو أكثر ويدعى أساساً مشتركاً. الأساس المشترك لعمودين يكون مستطيل أو شبه منحرف.

ويصمم الأساس وكأنه جائر T مقلوب كما يبين الشكل.

تستخدم الأساسات المشتركة في حال تماس أو تداخل الأساسات المنفردة، كما تستخدم إذا كانت التربة غير متجانسة وذات قدرة تحمل ضعيفة نسبياً. قد يستخدم الأساس المشترك إذا كان العمود بجوار خط ملكية كي لا تتشكل لامركزية .



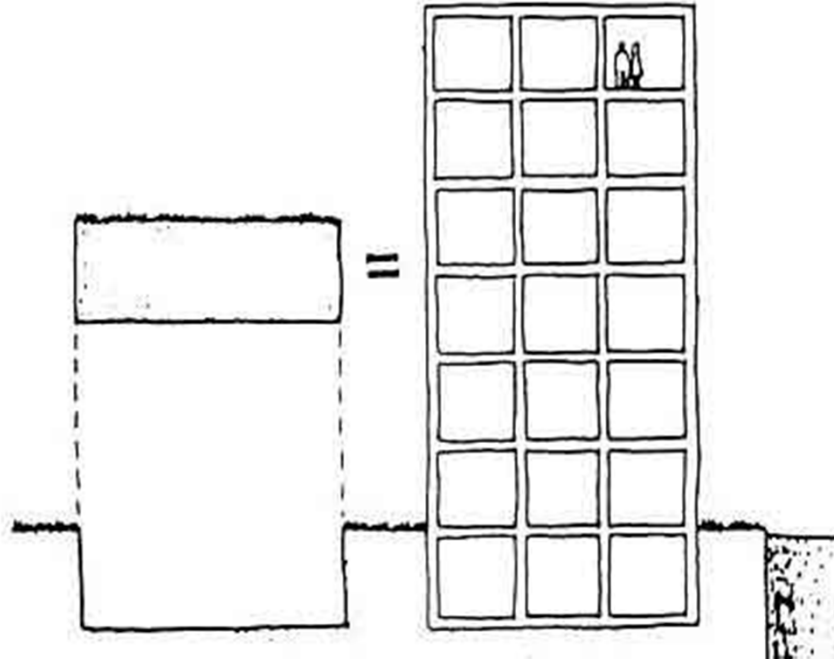
• الأساس الحصيرة:

• هي بلاطة بيتونية مسلحة تحت عدة أعمدة. تستخدم حيث تكون قدرة تحمل التربة ضعيفة أو حمولات الأعمدة كبيرة. لأنه في هذه الحالات تكون الأساسات المنفردة كبيرة فمن الاقتصادي استخدام أساس حصيرة واحدة تحت كل الأعمدة. حيث كلفة القوالب الخشبية وعملية الصب للأساسات المنفردة أكبر من كلفتها للحصيرة.

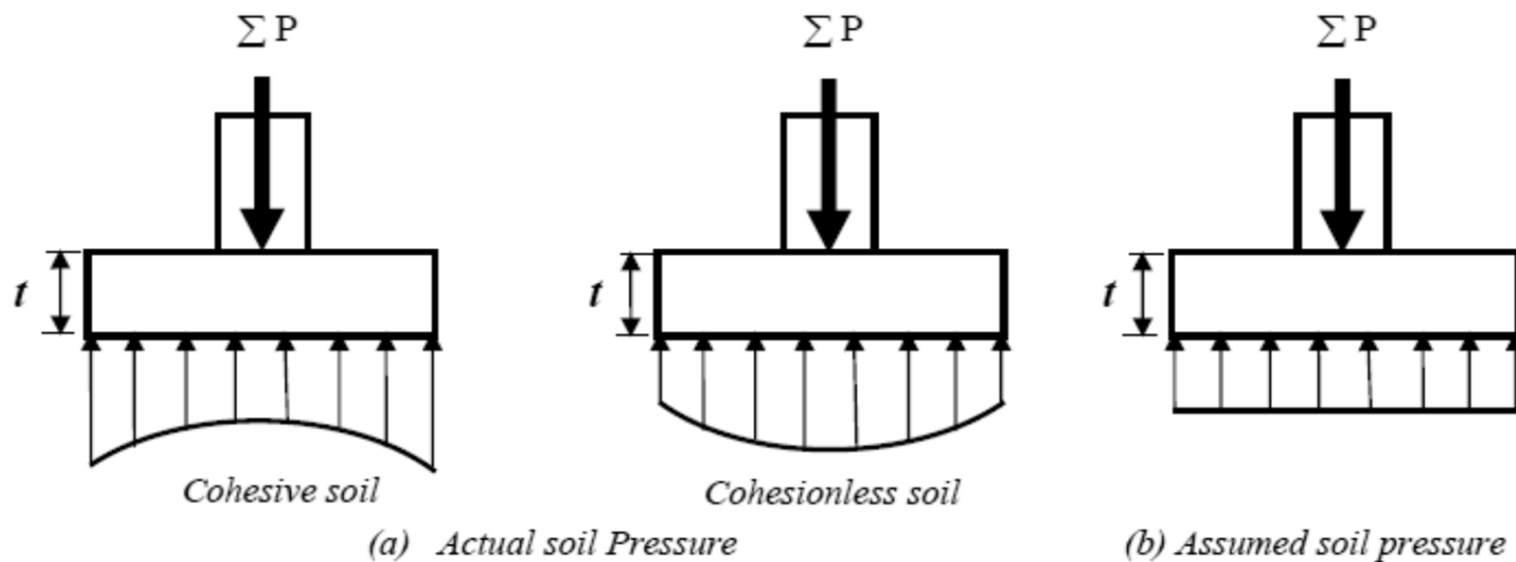
• إذا كانت مساحة الأساسات المنفردة أكبر من نصف مساحة موقع البناء فمن الاقتصادي أن نصمم حصيرة لهذه الأعمدة.

• تخفض الحصيرة الهبوط إلى 50% أو أكثر.

• إذا تحقق من الحصيرة أن نزيل كمية من تربة الموقع تعادل تقريبا وزن البناء عندها، تكون قدرة التحمل الصافية مساويا نظريا لما كانت عليه قبل الجفر. ولهذا نسمي البناء float على الحصيرة.



- **الافتراضات:** لتصميم الأساسات نفترض ما يلي:
- الأساس صلب وذلك لسهولة الحسابات.
- فعليا توزع ضغط التربة تحت الأساس ليس موحداً ويعتمد على قساوة الأساس، شكله، وعمقه.
- ولكن للتبسيط سنعتبر أن توزع رد فعل التربة تحت الأساس موزع بانتظام كما يبين الشكل



تصميم أساس الجدار أو الأساس المستمر

يصمم الأساس كجائز مع بعض التعديلات.

ضغط التربة للأعلى تحت أساس الجدار كما يبين الشكل يعمل على انحناء الأساس وفق أشكال التشوه المبينة.

تصمم الأساسات كجوائز سطحية عليها عزوم وقوى قص.

يعتقد أن العزم الأعظمي يتشكل في منتصف الجدار ولكن الاختبارات بينت أن هذا ليس صحيحاً بسبب قساوة الجدار.

إذا كان الجدار من البيتون المسلح فإن قساوته نسبياً تسمح بأن نحسب العزم عند وجه الجدار (ACI 15.4.2) ، أما إذا كان الجدار من البلوك فلقد سمحت الاشتراطات أن نحسب العزم عند منتصف المسافة بين وجه الجدار وبين مركزه.

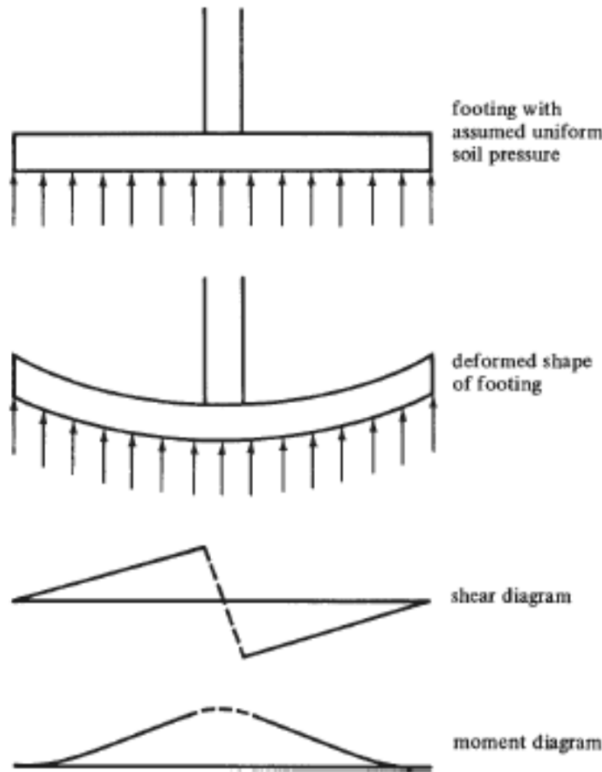
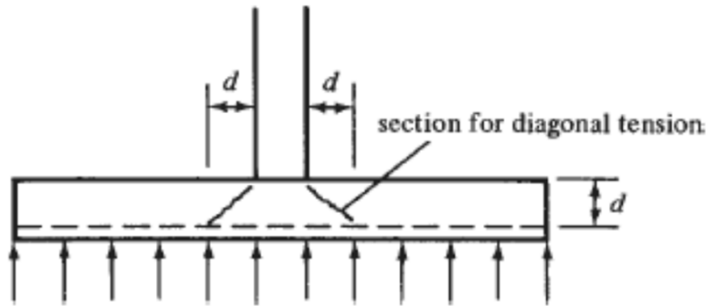


FIGURE 12.3 Shear and moment diagram for wall footing with uniform soil pressure.

• لكي نحسب عزم الانعطاف والقص في الأساس، من الضروري أن نحسب ضغط التربة الصافي المتولد من التربة على الأساس q_{nu} ، الناتج من الحمولات المصعدة على الجدار.

• أي بمعنى آخر، وزن الأساس والتربة أعلى نعل الأساس يمكن إهماله، حيث أن هذه الحمولات تولد ضغطاً من التربة يعادل وزنها ويتجه نحو الأعلى وبالتالي تفني بعضها.



• إن الانهيار الذي قد يحدث في الأساس تحت تأثير القص لا يحدث في مستوى شاقولي وإنما بزاوية تقارب 45° مع الجدار، كما يبين الشكل.

• ولذلك يتم حساب القص على بعد d من وجه الجدار كما بين الكود ACI 11.1.3.1.

• إن استخدام الأساور في الأساسات لا يعتبر عمليا وهو غير اقتصادي. لهذا السبب، يتم تحديد الارتفاع الفعال لأساس الجدار بحيث تكون V_u ضمن قيم قوة القص التصميمية ΦV_c التي يمكن للبيتون أن يتحملها دون تسليح شبكي، وهي

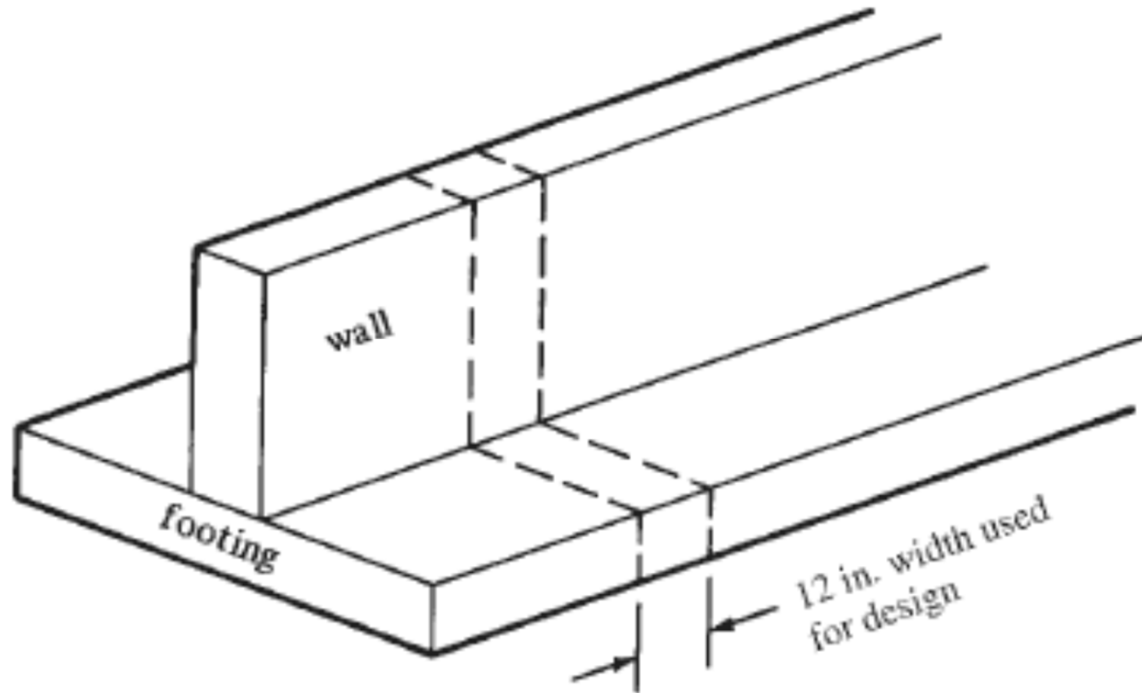
$$0.17 * \lambda * \phi \sqrt{f'_c} * b_w * d$$

(باستخدام الواحدات المترية SI-Units) من (ACI 11.3.1.1). بالرغم من أن المعادلة تتضمن الرمز λ المرتبط بنوع البيتون المستخدم إلا أنه من غير المناسب استخدام البيتون الخفيف في تنفيذ الأساسات. إن الميزة الأساسية في استخدام البيتون الخفيف هو تقليل الأوزان من الكتل البيتونية، وهو من غير الاقتصادي استخدامه في الأساسات.

$$d = \frac{3V_u}{\phi * \lambda * \sqrt{f'_c} * b_w}$$

ونوجد الارتفاع من العلاقة التالية:

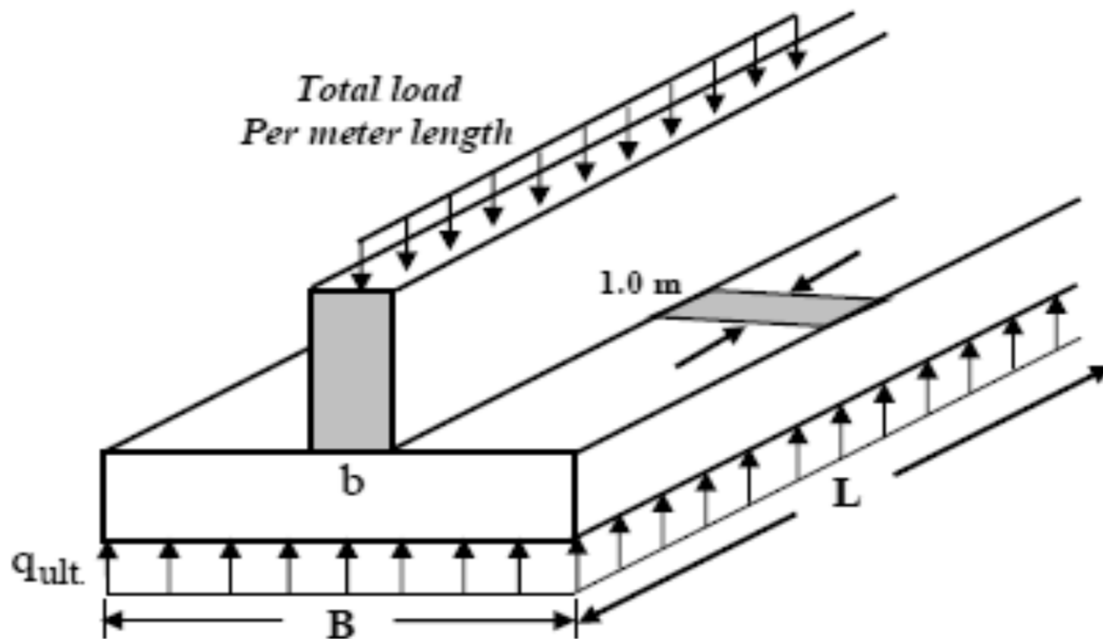
- ولذلك من الممكن ان نحذف الرمز λ من المعادلة باعتبار أنها تساوي 1 للبيتون العادي.
- في الواحدات الدولية SI، من المنصوح به تصميم أساس الجدار لمتر من المقطع العرضي للجدار كما يبين الشكل.



- لا يقل العمق الفعال (فوق الطبقة السفلية من التسليح) عن 150mm للأساس فوق التربة وعن 300mm للأساس فوق الأوتاد وبالتالي فإن السماكة الكلية للأساس لا تقل عن 250mm إذا كان فوق التربة وعن 400mm إذا كان فوق الأوتاد.
- خلال تصميم أساس الجدار فإن عملية تحديد ارتفاع الأساس هي مسألة خطأ-صواب.
- يفترض المصمم العمق d ، بحسب العمق المطلوب لتحقيق القص، يفترض قيمة d جديدة، بحسب قيمة d المطلوبة لتحقيق القص المطلوب وهكذا حتى تتساوى تقريباً القيمتان.

خطوات تصميم أساس جدار معرض لحمولة مركزة

• تحديد سماكة الجدار من العلاقة:



$$B = \frac{\sum P_{actual / meter\ length}}{q_{all(net)}}$$

• نصعد الحمولات:

- وفق الكود الأميركي ACI 318-14 لمتطلبات الأساسات من البتون المسلح تم تحديد أن الحمولات يجب أن تحول لحمولات حذية وفق المنهجية التالية:

$$\left\{ \begin{array}{l} P_{ult} = 1.4DL \\ P_{ult} = 1.2DL + 1.6LL \\ P_{ult} = 1.2DL + 1.6WL + 1LL \\ P_{ult} = 0.9DL + 1.6WL \\ P_{ult} = 1.2DL + 1EL + 1LL \\ P_{ult} = 0.9DL + 1EL \end{array} \right\} \dots\dots\dots (ACI 318-14 \text{ Section } 9.2)$$

$$q_{ult} = \frac{P_{ult./m(control)}}{B}$$

- كقاعدة عامة نستعمل الحمولات الفعلية ΣP وضغط التربة الفعلي الصافي $(q_{all \text{ net}})$ نستخدمه لحساب مساحة الأساس. أما الحمولات المضعدة وضغط التربة نستخدمهما لحساب مساحة التسليح A_s وسماكة الأساس t .

• نحدد أبعاد الحدار وقدرة التحمل الصافية المصعدة:

عادة تعطى قدرة تحمل التربة المسموحة ولكي نحسب قدرة التحمل الصافية فيجب أن نطرح منها وزن الأساس والتربة التي فوق الأساس. وبما انه لا يكون لدينا ارتفاع الأساس فنقوم بفرضه كمحاولة أولى. تستخدم سماكة الجدار بحيث تتراوح في المجال من 1 إلى 1.5 مرة من سماكة الجدار.

- نحسب مساحة الأساس من تقسيم الحمولات (غير المصعدة) على قدرة التحمل المسموحة الصافية، ومنها نفرض عرض الأساس باعتبار أننا ندرس لوحدة الطول.
- بعدها نعود ونحسب قدرة التحمل الصافية المصعدة من تقسيم الحمولات المصعدة على مساحة الأساس (التي هي العرض المفروض مسبقاً مضروباً بوحدة الطول)

• التحقق على القص:

فقط نتحقق على القص أحادي الاتجاه (حالة الجدار) على بعد d من وجه الجدار كما يبين الشكل.

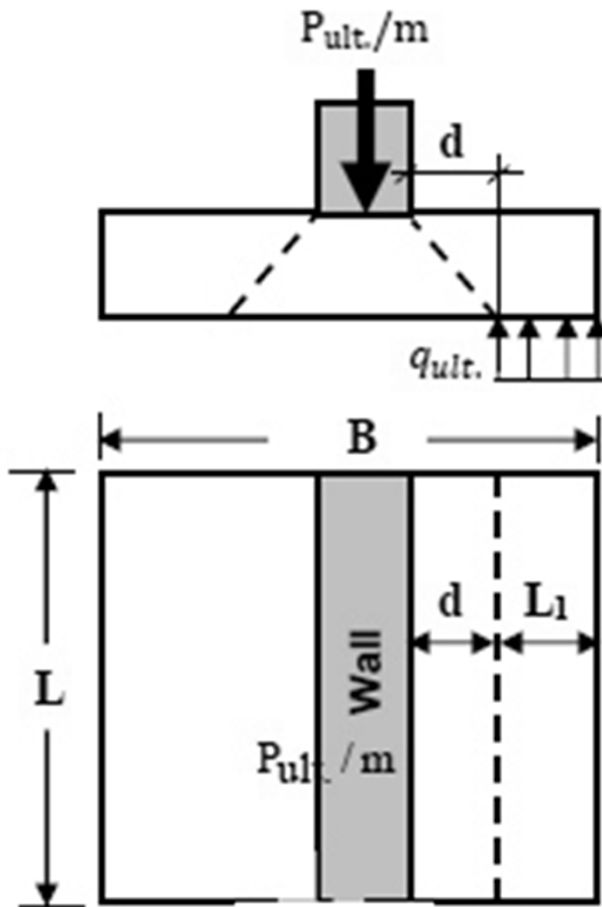
نفرض قيمة d ومن ثم نقوم بحساب القوة المسببة للقص

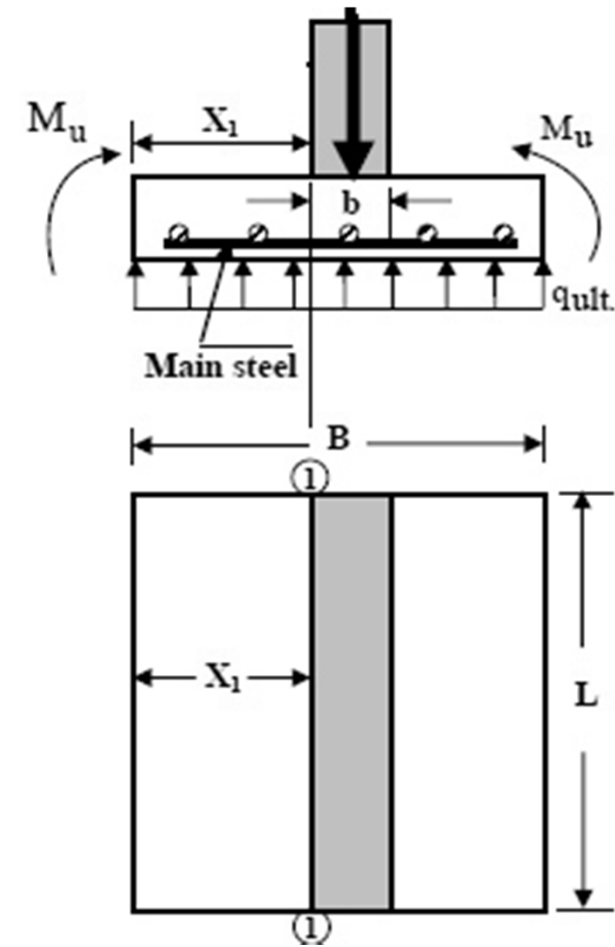
من العلاقة: $v_u = q_{ult} * L_1$ (for meter length)

$$L_1 = \frac{B - b}{2} - d$$

ومن ثم حساب القوة المقاومة للقص من العلاقة:

$$\phi V_c = 0.17 * \phi * \lambda * \sqrt{f'_c} * b_w * d$$





$$X_1 = \frac{B-b}{2} + \frac{b}{4}$$

أما لجدار البلوك

$$X_1 = \frac{B-b}{2}$$

حيث للجدار البيتوني يكون

$$M_u = \frac{q_{ult} * X_1^2}{2}$$

- حيث قيمة $\Phi=0.75$ (لتصميم القص).
- إذا كانت $\phi V_c > V_u$ فإننا نعتد الارتفاع d التي فرضناها
- أما إذا كانت $\phi V_c \leq V_u$ نفرض قيمة أكبر للارتفاع d
- ونعيد الخطوات.
- **تصميم تسليح الانعطاف :**
- إن المقطع الحرج لحساب العزم هو عند وجه الجدار
- نحسب قيمة العزم وفق الشكل كما يلي:

• يجب ان تتحقق العلاقة التالية لدينا:

$$M_u \leq \phi M_n = \phi * A_s * f_y * j * d$$

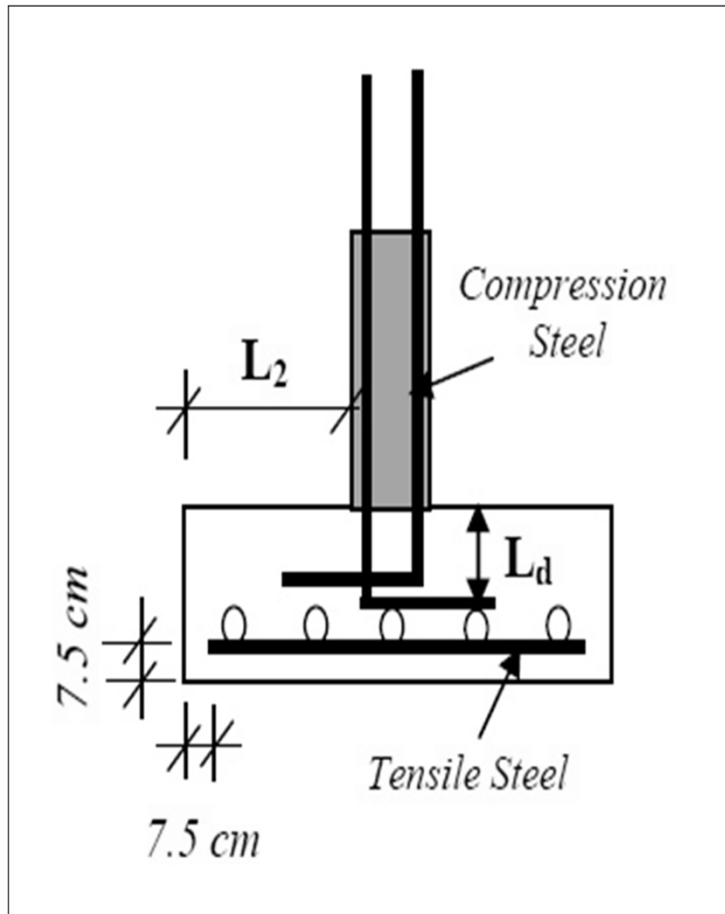
$$A_s = \frac{M_u}{\phi * f_y * j * d} \quad (\text{per meter length})$$

ومنه نوجد التسليح A_s من العلاقة:

وتؤخذ $\Phi = 0.9$ و نفرض $z = 0.95$ لأن الأساس عنصر مسلح خفيف

وفق ACI 7.12.2.1 حسب نوع التسليح

إما تؤخذ $A_{smin} = 0.002bh$ أو $A_{smin} = 0.0018bh$



• التحقق من الترابط :

• منطقة الشد:

$$l_{d(required)} \geq 300mm$$

$$l_{d(required)} = \frac{f_y * \psi_l * \psi_e}{2.1\lambda\sqrt{f'_c}} * d_b \quad \text{for bars} \leq \text{No.6(19mm)}$$

$$l_{d(required)} = \left(\frac{f_y * \psi_l * \psi_e}{1.7 * \lambda\sqrt{f'_c}} \right) d_b \quad \text{for bars} \geq \text{No.7(22mm)}$$

• ويمكن تبسيط العلاقة

بفرض أن $\psi_l = \psi_e = \lambda = 1$:

$$l_{d(required)} = 0.47 \frac{f_y}{\sqrt{f'_c}} * d_b \quad \text{for bars} \leq \text{No.6(19mm)}$$

$$l_{d(required)} = (0.59 \frac{f_y}{\sqrt{f'_c}}) d_b \quad \text{for bars} \geq \text{No.7(22mm)}$$

• منطقة الضغط:

$$l_{d(available)} = (d) \text{ of footing}$$

$$l_{dc(required)} = \frac{0.24 * f_y}{\lambda\sqrt{f'_c}} * d_b \geq 0.043 * f_y * d_b$$

$$l_d \geq 200mm$$

Modification factor	Condition	Value of factor
Lightweight λ	Lightweight concrete	0.75
	Lightweight concrete, where f_{ct} is specified	In accordance with 19.2.4.3
	Normalweight concrete	1.0
Epoxy ^[1] ψ_e	Epoxy-coated or zinc and epoxy dual-coated reinforcement with clear cover less than $3d_b$ or clear spacing less than $6d_b$	1.5
	Epoxy-coated or zinc and epoxy dual-coated reinforcement for all other conditions	1.2
	Uncoated or zinc-coated (galvanized) reinforcement	1.0
Size ψ_s	No. 7 and larger bars	1.0
	No. 6 and smaller bars and deformed wires	0.8
Casting position ^[1] ψ_r	More than 12 in. of fresh concrete placed below horizontal reinforcement	1.3
	Other	1.0

• ψ معامل مكان قضيب التسليح = 1.3
للتسليح العلوي و = 1 لبقية أماكن التسليح

• ψ_e معامل التغطية = 1.5 للمغلف
بالايبوكسي أو بالايبوكسي والزنك بشروط محددة ،

= 1.2 المغلف بالايبوكسي أو الزنك
والايبوكسي بشروط أخرى،

= 1 غير المغلف أو المغلف بالزنك فقط.
ويجب أن تكون:

• $\psi \leq 1.7$ •

جدار مع وجود عزم أو لامركزية

$$e = \frac{M}{\sum P}$$

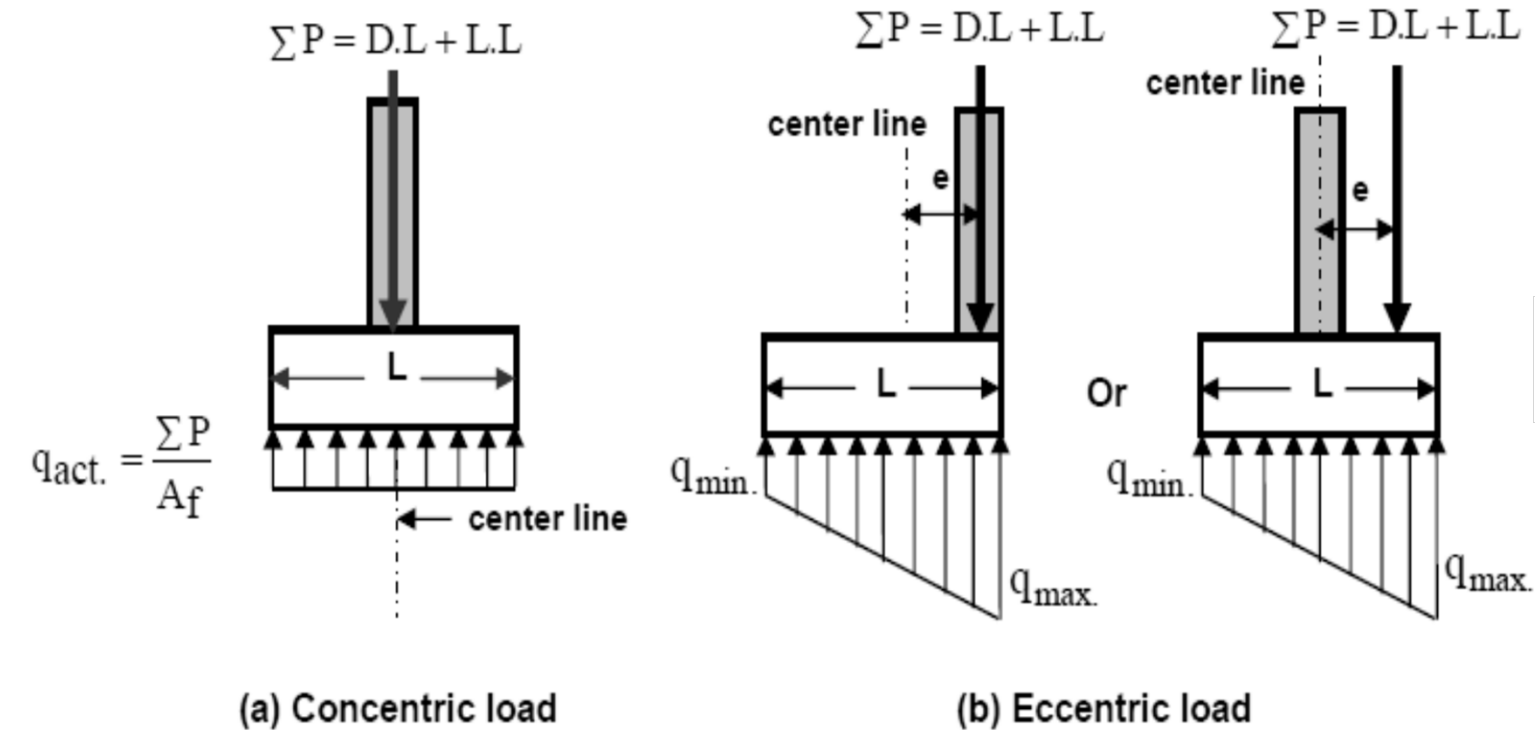
• -نحسب اللامركزية من العلاقة:

$$q_{\min}^{\max} = \frac{\sum P}{B * L} * \left[1 \pm \frac{6 * e}{L} \right]$$

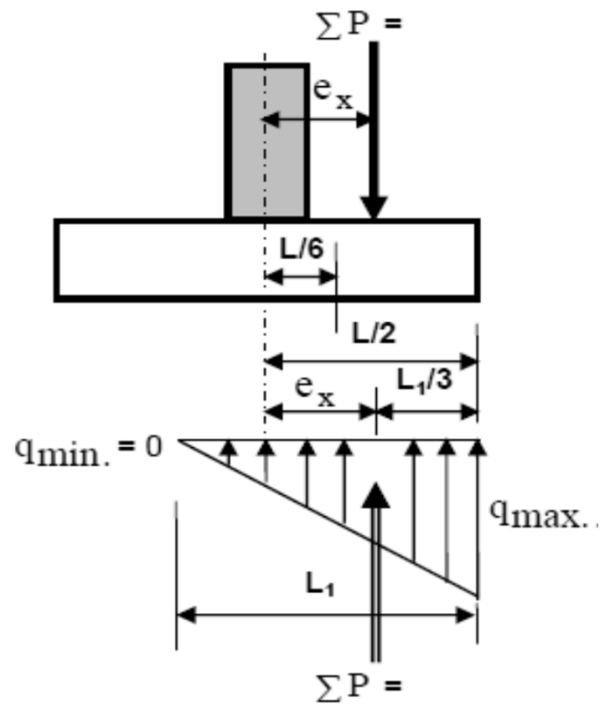
• نحسب قيمة $q_{\max, \min}$ من العلاقة التالية:

• يجب ان يتحقق: $q_{\max} \leq q_{\text{all}(\text{net})}$ و $q_{\min} \geq 0$

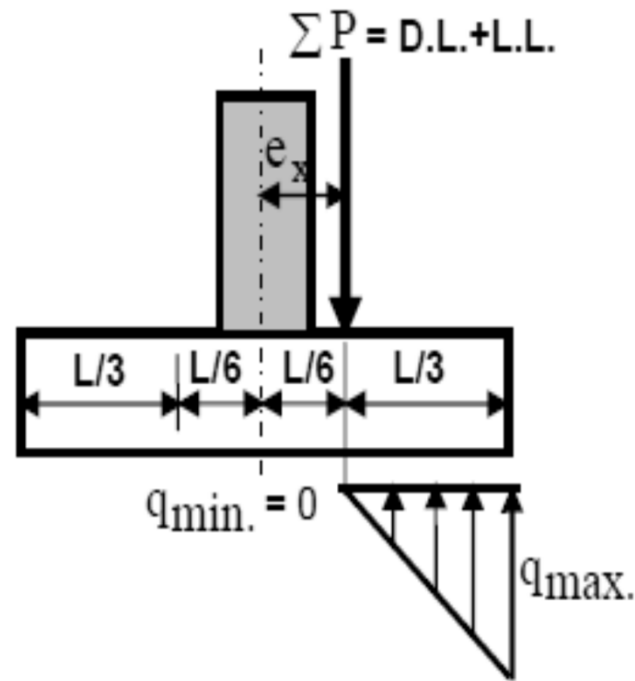
توزيع ضغط التربة تحت الأساسات



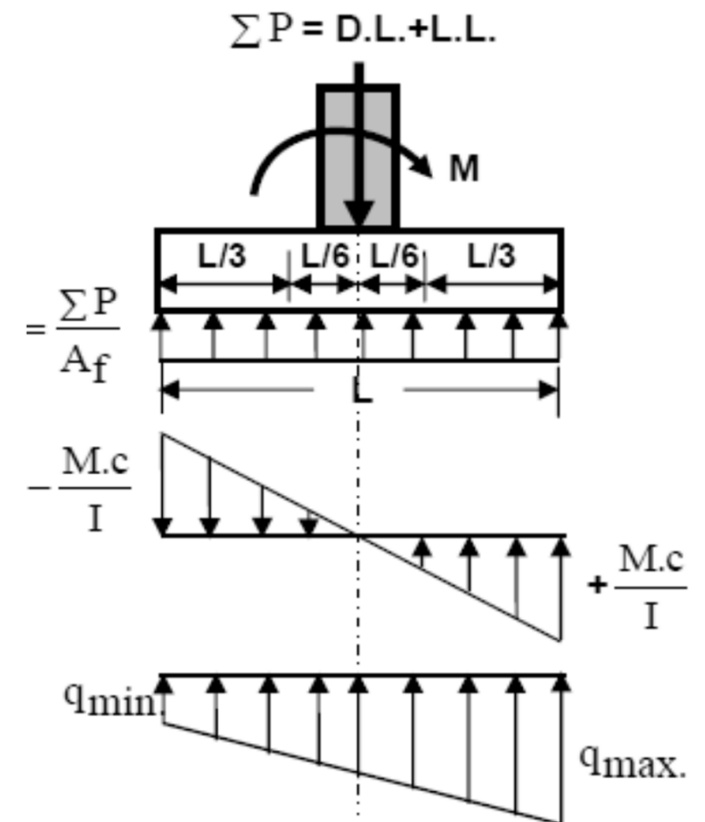
$$q = \frac{P}{A} \pm \frac{M^* y}{I} \quad (5-4)$$



$$e_x > L/6$$



$$e_x = L/6$$



$$e_x < L/6$$